

# Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Ústav pro životní prostředí

Studijní program Ekologie a ochrana prostředí

Studijní obor Ochrana životního prostředí



Bakalářská práce

Znečištění ovzduší v malé obci Vlastějovice – problematika lokálních topenišť

Ambient air pollution in Vlastejovice - the issue of local sources

Petra Stoklasová

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Iva Hůnová, CSc.

Praha 2010

**Prohlášení:** Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně za využití uvedené literatury. Dále prohlašuji, že tato tištěná verze je totožná s verzí elektronickou vloženou do SIS.

V Praze dne

.....  
Petra Stoklasová

Na tomto místě bych chtěla poděkovat především RNDr. Ivě Hůnové, CSc. za její čas a ochotu. Dále Mgr. Miloslavu Modlíkovi za odbornou konzultaci při vzniklých nejasnostech. Mé díky patří samozřejmě i mým rodičům, kteří mi jsou velkou oporou, a v neposlední řadě bych zde také chtěla poděkovat za podporu svým přátelům.

## **Abstrakt**

Tato práce se týká vlivu lokálních topenišť na znečištění ovzduší v malých sídlech. Pozornost je zaměřena na konkrétní situaci v obci Vlastějovice, která leží v okrese Kutná Hora. Cílem bylo zjistit, zda jsou lokální topeniště významným zdrojem znečištění ovzduší v obci na základě výpočtu celkových ročních emisí. Vstupními daty byly informace získané z dotazníkového šetření a pro porovnání také data ze Sčítání lidu, domů a bytů z roku 2001. Výsledky z těchto dvou zdrojů se lišily (výsledky podle dat z dotazníkového šetření byly vyšší) a tyto odlišnosti jsou pravděpodobně způsobeny nepřesností údajů z dotazníkového šetření. Po porovnání výsledků s obdobnou prací: bakalářská práce Petra Dvorščíka (2009), jsem zjistila, že vypočtené roční emise pro byt v rodinném domě Vlastějovic jsou vyšší než pro modelový byt, jehož plocha má velikost průměrného bytu v rodinném domě. Nicméně ke zjištění přesnějšího zatížení obce lokálními topeništi by bylo vhodné provést dlouhodobější imisní monitoring.

## **Abstract**

This bachelor thesis deals with the issue of air pollution in small settlements caused by local sources such as home stoves. It is focused on the situation in a small village Vlastějovice, which lies in the Kutná Hora region. The main aim of this thesis was to detect if local stoves are the main air pollution sources in the village. This should be proved by the calculation of all emissions released by domestic stoves for the duration of one year. Input data were obtained from questionnaires and were compared with the data from the population and housing census of 2001. The calculations of these two sources differ. These differences are probably caused by inaccuracies in the questionnaires. The bachelor thesis was compared with a similar publication: the Bachelor thesis of Petr Dvorščík (2009). I found out that the year emissions from one flat in a family house in Vlastějovice are higher than the year emissions from one model flat, whose area has a size of an average flat in a family house. However, it would be better to make a long-term emission monitoring in order to get more exact data and results.

## Obsah

1. Úvod.....	5
2. Problematika malých stacionárních zdrojů znečišťujících ovzduší .....	6
3. Metodika pro zjišťování znečištění ovzduší v malých sídlech.....	10
3. 1. Popis obce .....	11
3. 2. Dotazníkové šetření.....	12
3. 2. 1. Otázky a přehled odpovědí .....	12
3. 2. 2. Souhrn výsledků šetření.....	15
3. 3. Postup výpočtu .....	16
3. 4. Vlastní výpočet ročních emisí v obci .....	18
3. 4. 1. Rodinné domy .....	19
3. 4. 2. Bytové domy.....	21
4. Celkové roční emise Vlastějovic.....	22
5. Diskuse.....	23
6. Závěr .....	25
7. Seznam literatury .....	26
8. Přílohy.....	29

## 1. Úvod

Atmosféra a zejména její nejnižše položená vrstva, troposféra, je základní a nepostradatelná složka životního prostředí nejen člověka, ale všech živých organismů. Záleží na kvantitě, se kterou v otevřených prostranstvích nebývají problémy, a na kvalitě. Množství antropogenních polutantů, které ovlivňují přímo kvalitu ovzduší, významně narostlo s velkým rozvojem průmyslu a s potřebou vysokého množství energie.

Po roce 1989 došlo k politické a ekonomické restrukturalizaci a k výrazným změnám právních předpisů (Braniš, Domasová, 2009). Tyto změny postihly také zákony týkající se ochrany ovzduší. Pozornost se věnovala hlavně velkým a středním průmyslovým zdrojům znečištění ovzduší. Díky novým přísnějším emisním limitům a sankcím za jejich nedodržování, musely tyto zdroje postupně zavést technologie na čištění spalín. Postupně došlo ke snížení vypouštěných emisí z těchto zdrojů (obr. 1, v příloze). Za velmi významné lze pokládat snížení emisí oxidu siřičitého, které klesly v období 1987 – 1999 z původních 2164 tun/rok na 263 tun/rok (Kazmarová, 2000).

Co se týká malých zdrojů, těch se právní normy také dotýkají. Zákon č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší, který je dalo by se říci základem, stanovuje, že všechny malé spalovací zdroje musí být uváděny do provozu a provozovány pouze v souladu s podmínkami pro provoz těchto zdrojů a je tudíž zakázáno spalovat vše, co není výrobcem ke spalování určeno. Kontrola dodržování tohoto nařízení je ovšem velmi obtížná, mnohdy i nemožná. Je to z toho důvodu, že malými zdroji jsou povětšinou domácí topeniště v domech obyvatel, kam kontrolní orgán může vstoupit pouze se souhlasem majitele domu. Souvisí to s nedotknutelností obydlí. Znamená to, že do obydlí není dovoleno vstoupit bez souhlasu toho, kdo v něm bydlí (ústavní zákon č. 2/1993).

Malé zdroje jsou soustředěny do menších sídel, jejichž počet obyvatel nepřesahuje 5 000. V těchto obcích žije 37 % celkového obyvatelstva České republiky, tj. 3 785 122 obyvatel (tab. 1, v příloze). Toto, nikoli nepodstatné, množství lidí je každoročně v topné sezóně vystaveno vlivům zhoršené kvality ovzduší.

Měření koncentrací znečišťujících škodlivin se v minulosti soustředilo především na lokality, kde byl umístěn těžký průmysl, těžební činnosti nebo energetický průmysl založený na spalování fosilních paliv. Zároveň byla v těchto místech obrovská koncentrace obyvatel. Právě zde byly zakládány první imisní monitorující stanice měřící znečištění ovzduší. Z počátku se měřil hlavně oxid siřičitý. Díky imisní monitorovací síti mohli být obyvatelé včas varováni před smogovou situací v rámci takzvaného Prognózního a signálního systému (PSS), (Braniš, Hůnová, 2009). Současné vznikaly monitorovací stanice v „čistém“ prostředí, aby se získala data

o pozad'ových koncentracích znečišťujících látek a ta se mohla porovnat s daty naměřenými ve městech. Malé obce však zůstaly opomenuty. Tato situace v podstatě trvá až do současnosti. Znečištění ovzduší v malých sídlech tedy zůstávala v pozadí zájmu. Tato venkovská sídla bývají vnímána jako zdravá prostředí pro život (Monn et al., 1995), i když tomu tak nemusí vždy být.

V této práci bych se proto chtěla zaměřit na problematiku znečištění ovzduší v malých sídlech. Konkrétně na obec Vlastějovice, která je mi velmi blízká, protože je mým bydlištěm.

## **2. Problematika malých stacionárních zdrojů znečišťujících ovzduší**

Současně s dnes již nízkými emisemi z velkých a středních zdrojů znečišťování, stoupl podíl emisí uvolňovaných z malých zdrojů a z dopravy. Rostoucí počet registrovaných automobilů a frekventovaná doprava, působí dnes jako významný zdroj oxidů dusíku, polyaromatických uhlovodíků a jiných dalších polutantů, je problémem, který se dnes vyskytuje především ve větších městech, které fungují jako dopravní uzly (Braniš, 2009). Většina domů je zde již vytápěna zemním plynem nebo jsou tyto domy napojeny na centrální vytápění, a proto zde domácí topeniště již nehrají důležitou roli. Naproti tomu je tato problematika stále aktuální v malých venkovských sídlech.

Na vážnost této situace poukázaly studie, které se zabývaly měřením imisních koncentrací prašného aerosolu v malých obcích. Sídla, ve kterých byla provedena měření, byla volena tak, aby svým umístěním v krajině a polohou vůči převládajícímu směru proudění, byla co možná nejmenší pravděpodobnost ovlivnění měřených koncentrací transportem znečišťujících příměsí z velkých měst, a aby zde nebyly jiné další významné znečišťující zdroje. Například Braniš et al. (2007) si zvolil pro svou studii malou obec Žloukovice, která se nachází v okrese Beroun, v zalesněném prostoru. Do obce vede jen jedna příjezdová cesta, která zde slepě končí. Aerosolové částice o frakci  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  byly stanovovány přímo v periferii obce a na lokalitě, která byla umístěna v zalesněném prostoru mimo obec, pro zjištění pozad'ových koncentrací. Výsledkem třítydenního experimentu, který proběhl v dubnu, bylo, že průměrné koncentrace  $PM_{10}$  ani  $PM_{2,5}$  z této obce sice nepřekročily průměrné hodnoty naměřené v Berouně a v Praze - centru (tab. 1), ale byly vyšší než koncentrace v obytných (sídlíštních) lokalitách druhého uvedeného města, Prahy. Bylo také prokázáno, že místní topeniště se podílejí přibližně 33 % a 35 % na zdejších koncentracích  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$ . Následně byly při dalším rozboru stanoveny vyšší koncentrace stopových prvků (Zn, Pb, As, Mn, Ti).

**Tab. 1:** Porovnání naměřených průměrných koncentrací PM<sub>10</sub> ze 4 lokalit s platným imisním limitem pro ochranu zdraví (24 – hodinový průměr), (zdrojová data: Braniš et al. (2007); ČHMÚ).

Žloutkovice	37 µg/m <sup>3</sup>
Pozadřová lokalita	26 µg/m <sup>3</sup>
Beroun	41 µg/m <sup>3</sup>
Praha	49 µg/m <sup>3</sup>
Imisní limit pro PM <sub>10</sub>	50 µg/m <sup>3</sup>

Podobná studie (Andělová, Braniš, 2009) byla provedena v obci Albrechtice, která je situována v Jizerských horách poblíž Liberce. Také v této obci nejsou žádné jiné zdroje znečišťování ovzduší než lokální topeniště. Experiment probíhal od roku 2005 do roku 2006. Zahrnoval již tedy celé jedno topné období na rozdíl od obce Žloutkovice, kde se měřilo na konci topné sezóny. Po porovnání výsledků s hodnotami stanovenými v Jablonci, Liberci a Souši (pozadřová stanice) bylo zjištěno, že průměrná denní koncentrace suspendovaného aerosolu PM<sub>10</sub> byla v zimě nejvyšší právě v Albrechticích, kdežto v letním období byla tato koncentrace naopak nejvyšší v Liberci. Kromě přímých imisních měření bylo autory provedeno také dotazníkové šetření, které dosvědčilo, že většina obyvatel používá k vytápění lokální topeniště a palivem je převážně hnědé uhlí.

Z uvedeného vyplývá, že lokální topeniště jsou zdroji diskontinuálními, s nejvyššími emisemi a vlivem v topném období, které začíná 1. září a končí 31. května (vyhláška č. 194/2007 Sb.). Také denní chod je velmi nestálý a zpravidla kulminuje v odpoledních hodinách. V Albrechticích (Braniš, Andělová, 2009) bylo prokázáno, že denní maxima byla sledována mezi 16. a 24. hodinou. Pravděpodobně bude záviset do velké míry na podílu obyvatel dojíždějících za prací a na množství lidí, kteří jsou v důchodovém věku a tráví doma většinu času. Lze předpokládat, že čím větší podíl obyvatelstva bude do odpoledních hodin v zaměstnání, tím více bude ovzduší zatíženo emisemi po příchodu těchto obyvatel domů

Navíc se dá také vypořádat proměnlivost průběhu samotného spalovacího procesu. Je tomu tak z důvodu průběžného přikládání paliva do kotle a s následnou změnou průběhu teplot. Bezprostředně po přiložení dojde k poklesu teploty a maximální koncentrace hlavních znečišťujících příměsí (CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub>) se objevují vzápětí (Ritz et al., 2005).

Zvýšené zimní koncentrace polutantů ve venkovském prostředí potvrzuje také italská studie, kdy pro zjištění zatížení ovzduší polyaromatickými uhlovodíky (PAU) byly zkoumány vzorky z listů Vavřínu vznešeného (*Laurus nobilis*) z různých toskánských obcí a měst (Lodovici



et al., 1997). Po vyhodnocení výsledků vyšlo najevo, že v malých vesnicích byla koncentrace PAU nejvyšší v zimním období a byly srovnatelné s koncentracemi z velkých měst pro tuto část roku. V letních měsících tomu bylo jinak. Ve velkých městech byly vlivem dopravy jejich koncentrace o mnoho vyšší než v malých obcích.

Na těchto příkladech je znázorněno, jak významně topeniště přispívají k lokálnímu znečišťování ovzduší. I když se tyto studie týkají především částic PM<sub>10</sub>, lze předpokládat, že i další látky, jako jsou SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO nebo toxické kovy, budou v ovzduší přítomny. Jejich množství a koncentrace budou záviset na mnoha faktorech, přírodních i technologických.

Nejvýznamnější roli v zastoupení a množství uvolňovaných látek bude hrát samotné palivo. Je dokázáno, že nejméně emisí produkuje spalování zemního plynu, kdežto využívání tuhých paliv k vytápění vede k podstatně vyšším koncentracím polutantů. Například pro emise oxidů dusíku platí, že jsou vyšší až o 350 % při vytápění uhlím oproti zemnímu plynu (Stehlík, 2007). Kotlík et al. (2006) provedl studii, která porovnává stav ovzduší v zimních měsících ve třech různých městech v závislosti na druhu spalovaného materiálu. Největší roční emise téměř všech sledovaných látek byly naměřeny v obci Havlovice, kde se k vytápění používá převážně hnědé uhlí, naopak emise těchto látek byly nejnižší v Třešti, které je plynofikováno. Výsledky jsou shrnuty v tabulce 2.

**Tab. 2:** Roční emise znečišťujících látek (přepočteno na 1 obyvatele konkrétního sídla). Zvýrazněny jsou nejvyšší hodnoty (Kotlík et al., 2006).

	Jednotky	Havlovice (uhlí)	Habartice (dříví)	Třešť (plynifikováno)
TZL	kg/rok	<b>15, 06</b>	11,50	4,33
SO <sub>2</sub>	kg/rok	<b>15,31</b>	4,15	1,35
NO <sub>x</sub>	kg/rok	<b>4,87</b>	3,10	2,00
PAU	kg/rok	0,0711	<b>0,1149</b>	0,0031
As	g/rok	<b>0,1711</b>	0,0512	0,0103
Pb	g/rok	0,2898	<b>0,8465</b>	0,0168
Zn	g/rok	<b>1,0180</b>	0,2932	0,0591

Uvedená tabulka jasně dokazuje, že hnědé uhlí je nejhorší možnou volbou, co do množství uvolňovaných látek. Dále také kvalita použitého uhlí bude přímo ovlivňovat složení odcházejících emisí. Ritz et al. (2005) měřil koncentrace látek, které byly emitovány z malého

spalovacího zařízení FIKOTHERM 2U4P, které se běžně nachází v domácnostech. Při spalování tří druhů hnědého uhlí, které se lišily sirnatostí a obsahem prachu, byly emise oxidu siřičitého nejvyšší u hnědého uhlí, které mělo také nejvyšší sirnatost, a naopak nejnižší u uhlí, které mělo sirnatost nejnižší. Měrnou sirnatostí se podle vyhlášky č. 13/2009 Sb. rozumí „celkový obsah síry v původním stavu, vztažený k výhřevnosti spalovaného paliva v původním stavu, vyjádřený v g/MJ.“ Emisní limity byly překročeny pouze u prvně zmiňovaného uhlí, s nejvyšší sirnatostí, které není pro provozovatele malých stacionárních zdrojů dostupné na trhu. Je ale nutné zdůraznit, že pokusná spalovací zařízení bývají při podobných pokusech obsluhována vyškolenými pracovníky, a jsou provozována podle pokynů výrobce, proto mohly být koncentrace SO<sub>2</sub> i ostatních látek výrazně nižší než v případě provozu kotlů samotnými obyvateli (Ochodek, Horák, 1998).

Kromě sirnatosti je u uhlí také velmi významný obsah uhelného prachu. Platí zde, že čím více prachu obsahuje, tím budou větší koncentrace emitovaných látek. Je to z toho důvodu, že prach svou velkou plochou omezuje přístup vzduchu k částicím paliva a dochází k nedokonalému spalování (Ochodek, Horák, 1998).

K těmto technologickým faktorům se přidávají také přírodní. Patří mezi ně především údolní expozice mnohých sídel, která přináší problémy spjaté se zhoršením kvality ovzduší v zimních měsících. Toto zhoršení kvality souvisí často s teplotními inverzemi, kdy studený vzduch leží v údolí a nad ním je vrstva, jejíž teplota je vyšší. Tato situace se vyznačuje snížením vertikálních pohybů a promíchávání ve vzduchových hmotách a také zhoršenými rozptylovými podmínkami (Braniš, Hůnová, 2009). Pokud budeme předpokládat, že je ústí komínů rodinných domů zhruba ve výšce 10 metrů nad zemí (Int. 3), potom při výškových teplotních inverzích, nemohou emise proniknout přes inverzní vrstvu a postupně se kumulují pod ní. Za takových podmínek se může vytvořit redukční smog. Inverzní situace však mohou nastat i v jiných než údolních polohách. Stává se také, že inverze postihují i rozsáhlejší území. Například jedna taková se vytvořila v roce 2006 a na několik dní pokryla celé území České republiky (Kotlík et al., 2006). Z toho vyplývá, že důležitou roli hraje geomorfologie.

I když je zhoršená kvalita ovzduší v zimě typická právě pro výše zmiňované teplotní inverze, zvýšené koncentrace škodlivin se mohou vyskytnout i za jiných okolností. Velkou měrou přispívají mimo geomorfologie také další faktory. Nejvýznamnějšími přirozenými faktory jsou teplota venkovního vzduchu, směr a rychlost větru a rozložení atmosférického tlaku. Například Knozová (Int. 12), jejíž práce se zabývala porovnáváním průběhu průměrných ročních koncentrací SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> a NO<sub>x</sub> s průběhem ročních četností výskytu cirkulačních typů na území ČR, uvádí, že v případě prашného aerosolu PM<sub>10</sub>, byly nejvyšší koncentrace naměřeny v období,

kdy se nad danými meteorologickými stanicemi vyskytovala anticyklonální situace. S anticyklonami jsou spojeny nízké rychlosti větru, a proto je i rozptýl malý.

Výše zmíněné faktory, technologické i přírodní se mohou všemožně kombinovat v závislosti na místních podmínkách. Při sledování znečišťujících látek v ovzduší je proto nutné každé jednotlivé sídlo zkoumat pečlivě z klimatických, převládajících meteorologických, geomorfologických a dalších hledisek.

### **3. Metodika pro zjišťování ročních emisí z malých spalovacích zdrojů**

Metody pro stanovení množství polutantů, které jsou v dané lokalitě uvolňovány do ovzduší během topné sezóny, jsou založeny na zjišťování potřeby tepla pro byt s takovou plochou, jež se rovná průměru ploch všech vytápěných bytů v dané obci. Ze stanovené potřeby tepla na byt se pak počítá spotřeba jednotlivých druhů paliv v obci. Z nich se již dá vypočítat objem ročních emisí hlavních škodlivin, a to podle emisních faktorů.

Potřeba tepla na byt závisí na zmiňované ploše bytu, která je vytápěna a dále na průměrných teplotách vnitřního a venkovního vzduchu. Rozdílnou potřebu vykazují domy bytové a domy rodinné. Tato roční potřeba tepla je v podstatě množství tepla za topné období, které je nutné dodat do budovy (bytu), aby bylo zajištěno předepsané vnitřní klima (Int. 4). Vnitřním klimatem je tu míněno zajištění takových podmínek, aby byla dodržena tepelná stabilita místnosti a vhodná teplota (v rozmezí 20 – 22 °C ve dne a 17 – 18 °C v noci).

Zde je nutné podotknout, že uvedené pevné dodržování teplot je významné hlavně pro takové obce, které mají centrální zdroj vytápění pro všechny (nebo většinu) domů, například ve větších městech. Je nutné dodržovat také normy, které stanovují začátek nebo konec topné sezóny, protože jen tak je zajištěno pohodlné klima místností. Dodatečně si nájemníci, respektive spotřebitelé, mohou domluvit vytápění i mimo topnou sezónu. U obcí, kde má každý jednotlivý dům své spalovací zařízení na vytápění, záleží na samotných majitelích, jak a kdy budou topit.

Pro svou práci jsem zvolila metodiku, která je používána v Českém hydrometeorologickém ústavu (Machálek, Machart, 2001). Výstupem této emisní bilance je množství emisí vyprodukovaných z lokálních topenišť, jež se řadí v Registru emisních zdrojů znečišťujících ovzduší do třetí kategorie (tab. 3), a které se připočítávají k emisím z ostatních zdrojů, spadajících do téže kategorie. Tak se získá přibližná informace o celkových emisích produkovaných všemi malými zdroji daného regionu. Zvolila jsem tuto metodiku proto, že potřebné vstupní údaje jsou dobře dostupné a zjištělné. Jako zdroj vstupních dat do výpočtu sloužily internetové stránky Českého statistického úřadu (ČSÚ) a dotazníkové šetření. To

sloužilo jednak pro zjištění podílu jednotlivých paliv v obci, velikosti vytápěné plochy a jednak pro získání doprovodných informací o tom, jak lidé hodnotí ovzduší v obci, zda spalují odpad nebo jak staré je jejich spalovací zařízení.

**Tab 3:** Dělení zdrojů znečišťujících ovzduší podle tepelného výkonu (Int. 5).

REZZO 1	velké zdroje, stacionární zařízení ke spalování paliv o tepelném výkonu vyšším než 5 MW a zařízení zvláště závažných technologických procesů
REZZO 2	střední zdroje, stacionární zařízení ke spalování paliv o tepelném výkonu od 0,2 do 5 MW, uhelné lomy a plochy s možností hoření, zapaření nebo úle znečišťujících látek
REZZO 3	malé zdroje, stacionární zařízení ke spalování paliv o tepelném výkonu nižším než 0,2 MW; lokální topeniště a dále také plochy, na kterých jsou prováděny práce, které mohou způsobovat znečištění ovzduší, skládky paliv, surovin, produktů a odpadů a zachycených exhalátů
REZZO 4	mobilní zdroje

### 3. 1. Popis obce

Vlastějovice se nacházejí v okrese Kutná Hora, ve Středočeském kraji. Leží v údolí řeky Sázavy. Dostupnost je dobrá díky železniční trati, která vede po okraji obce. Obec je dostupná také díky své nepříliš vzdálené poloze vůči dálnici D1, která vede zhruba 14 kilometrů vzdušnou čarou od vesnice. Zhruba 31, 5 kilometru severovýchodně od obce se nachází okresní město Kutná Hora. Vlastějovice leží v turisticky atraktivní oblasti, na úpatí Českomoravské vrchoviny, a v okolí je evidováno na 63 bytů sloužících k rekreaci (Int. 6).

Nejvyšší nadmořskou výšku, 525 m n.m., zaujímá vrch Fiolník. V současné době je na jeho vrcholové partii provozován kamenolom. Díky tomu, že je tento objekt situován mimo obec a uprostřed lesa, nepůsobí znatelně zvýšenou prašností. Na druhou stranu existují stížnosti obyvatel, které se týkají porušené statiky jejich obydlí a prasklin ve zdech. Je tomu tak kvůli častým odstřelům.

Celkový počet obyvatel je 527. Tito trvale obývají 167 domů. Bytů je zde celkem 274, z nichž je trvale obydlených 192 (Int. 6).

### **3. 2. Dotazníkové šetření**

Dotazníkové šetření bylo provedeno na jaře roku 2010 ve dvou termínech. První šetření, při kterém jsem osobně navštěvovala obyvatele, se uskutečnilo během posledního březnového víkendu. Dotázaných bylo v tomto termínu 51, z nichž 48 bylo ochotných se zúčastnit. Druhé šetření bylo nutno provést písemnou doručovací formou do schránek, kvůli chybějícím nebo nefunkčním domovním zvonkům a také kvůli tomu, že některé obyvatele jsem nezastihla ani při opakované návštěvě doma. Celkem jsem roznesla čtyřicet dotazníků, z nichž se mi jich vrátilo čtrnáct. Dohromady se mi podařilo získat informace o vytápění od 62 respondentů, z nichž 52 zastupovalo rodinné domy a 10 byty v bytových domech. Proto, vztaženo na rodinné domy, bylo všech dotázaných 31 %.

Obyvatelé byli dotazováni na sedmnáct jednoduchých otázek, které by se daly rozdělit do dvou skupin. První skupina otázek směřovala ke zjištění nejdůležitějších informací o vytápění, použitých následně k výpočtu, a druhou skupinu tvořily doplňkové dotazy k dokreslení povědomí o tom, co vše obyvatele spalují a jak hodnotí stav ovzduší v obci. Při sestavování dotazníku jsem čerpala z bakalářské práce Petra Dvorščíka (2009) a z dotazníku Českého hydrometeorologického ústavu (Int. 7).

#### **3. 2. 1. Otázky a přehled odpovědí**

##### **1) V jakém typu domu bydlíte?**

Tato otázka směřovala na zjištění, zda respondent žije v rodinném nebo bytovém domě. Tento údaj je nezbytný k výpočtu, ve kterém figuruje měrná spotřeba tepla na jeden m<sup>2</sup> za rok a její hodnota je různá pro rodinný a pro bytový dům.

##### **2) Jaká je velikost Vámi vytápěné plochy?**

Z dotazníků vyplynulo, že byty v bytových domech mají průměrnou plochu 77, 3 m<sup>2</sup> a byty v rodinných domech přibližně 108,9625 m<sup>2</sup>. Tyto hodnoty jsou v porovnání s údaji z Českého statistického úřadu zhruba o deset metrů čtverečních větší (bytové domy – 65, 71 m<sup>2</sup> a rodinné domy – 92, 15 m<sup>2</sup>).

##### **3) Jakým hlavním tepelným zdrojem vytápíte byt?**

Účel tohoto dotazu byl odlišit elektřinu od ostatních zdrojů, jimiž byla tuhá paliva a zemní plyn. Zemní plyn však nepřicházel v úvahu, protože do obce nebyl dosud zaveden. Převažují tuhá paliva, z 91, 67 %. Elektřinu jako hlavní tepelný zdroj používá jen 8 % dotázaných.

#### **4) Jaké hlavní palivo k vytápění používáte?**

Převládá uhlí, kterým svůj dům vytápí 61, 4 % dotázaných. Z toho výrazně převažuje uhlí hnědé. Černým uhlím topí 8 respondentů (22, 85 %) a hnědým 18 (51, 42 %), přičemž zbývajících 9 (25, 71 %) používá černé i hnědé.

Dřevo využívá 38, 5 % respondentů. Převažuje dřevo smrkové, kterého je v okolních lesích a na pilách dostatek, kvůli vichřici z roku 2007 a loňské kůrovcové kalamitě. Často se používá také dřevo smíšené (většinou smrkové kombinované s dubem, olší nebo břízou). V ojedinělých případech mi respondenti odpovídali, že topí výhradně dřevem „tvrdým“, do kterého zahrnovali dub, buk, olši, habr, vrbu nebo břízu.

#### **5) Jaké vedlejší palivo používáte nejčastěji?**

Celkem 36 (63, 15 %) respondentů používá dřevo, vesměs smrkové. Jeden z těchto obyvatel uvedl, že používá také vyschlé smrkové šišky. Dalších 7 dotázaných (11, 28 %) si přitápí uhlím, většinou hnědým, a 15 (26,31%) nepoužívá žádné vedlejší palivo – to se týkalo hlavně respondentů, kteří používají jako hlavní palivo dřevo, nebo si příležitostně přitápí elektřinou.

#### **6) Kolik hlavního paliva spotřebujete za rok?**

Z dotazu na „druh hlavního paliva“ vyplynulo, že hlavním používaným palivem v obci je hnědé uhlí. To se potvrdilo také při součtu spotřeb jednotlivých druhů používaných paliv. Hnědé uhlí se u dotázaných ročně spotřebuje 792, 5 a černého 313, 5 metrických centů. Spotřeba uhlí, bez rozlišení druhu, činila u dotázaných celkem 1511 metrických centů. Toto číslo je větší než součet spotřeby černého a hnědé uhlí, protože 9 respondentů nepoznamenalo, jakým druhem topí. Spotřeba dřeva tvoří u dotázaných 423, 5 metrů krychlových za rok.

#### **7) Pokud topíte dřívím, necháváte ho před spalováním vysychat? Pokud ano, po jak dlouhou dobu vysychá?**

I když většina dotázaných obyvatel považuje za samozřejmost, že nechají dřevo před spalováním vyschnout, našlo se i pár takových, kteří tuto otázku vůbec neřeší a spálí i „syrové“ dřevo. Přitom čerstvě pořezané dřevo obsahuje okolo 50 % (hmotnostních) vlhkosti, která může působit negativně na kotel a při spalování se uvolňuje více oxidu uhelnatého a těkavých organických látek (Svoboda et al., 2009). Vyšší obsah vlhkosti má za následek také nižší produkci energie z paliva (Holmberg, Ahtila, 2004). Podle odpovědí nechávají lidé v obci dřevo vysychat průměrně 2, 4 roku.

#### **8) Jakým typem kamen/ kotle topíte?**

Převažovaly kotle pro ústřední vytápění (87,72 %), následovány krbovými kamny (5,26 %), přímotopy (4,51 %) a kachlovými kamny (2,75 %).

### 9) Do jakého období spadá datum výroby vašeho kotle/kamen?

Většina dotázaných (80, 65 %) uvedla, že datum výroby jejich kotle je od roku 1990 (přesněji od 1. 1. 1990). Dalších 8 % má kotel s datem výroby mezi léty 1983 – 1989. Ostatní respondenti na tuto otázku neodpověděli. Zjištění data výroby je důležité ohledně stanovení účinnosti daného spalovacího zařízení (tab. 2), protože s postupem času se na trhu objevují stále účinnější zařízení v závislosti na vývoji nových technologií.

**Tab. 4:** Limitní hodnoty účinnosti spalování pro malé spalovací zdroje spalující tuhá paliva pro uvedený výkonový rozsah (Vyhláška č. 146/2007 Sb.).

Jmenovitý tepelný výkon [kW]	Minimální účinnost spalování podle data výroby malého spalovacího zdroje		
	do 31.12.1982	od 01.01.1983 do 31.12.1989	od 01.01.1990
15 - 50	68 %	70 %	72 %
> 50	72 %	73 %	74 %

### 10) Je Váš byt/dům zateplený?

Pouhých 29,03 % uvedlo, že mají zateplený dům. Důvod tohoto dotazu spočíval v získání informace o tom, zda lidé zateplují svá obydlí a tak do určité míry zamezují tepelným ztrátám objektu. Těchto 29, 03 % svědčí o tom, že zateplením se do této chvíle zabýval jen zlomek dotázaných a dá se předpokládat, že to jsou většinou obyvatelé, kteří jsou majiteli nedávno postavených domů.

### 11) Máte plastová okna?

Podobně jako u předešlé otázky, i zde odpovědělo 29,03 % respondentů, že mají plastová okna.

### 12) Jak byste ohodnotili stav ovzduší v zimních měsících?

Jako negativní hodnotili stav ovzduší převážně lidé, kteří mají dům umístěn v nižších polohách obce, u řeky. Se stavem ovzduší jsou spokojeni hlavně obyvatelé, kteří žijí ve vyšší poloze, na kopci.

Celkově bylo ale více spokojených (70,96 %) než nespokojených (27,42%). Zbývajících 1,61 % tvoří respondent, který na tuto otázku neodpověděl.

### 13) Spalujete odpad?

Na tuto otázku odpověděli jen tři respondenti kladně (4,83 %). Dotázaní často uváděli, že nemají důvod spalovat odpad, když jsou v obci umístěny kontejnery na třídění odpadu a vytríděný zbytek odkládají do svých sběrných nádob. Někteří dotázaní dodávali, že by se jim při spalování odpadu kotel zanesl nebo zničil.

#### **14) Spalujete starý nábytek?**

Spalují 3 (4,84 %) respondenti, ačkoli uvedli, že odpad nespalují. Je zřejmé, že někteří lidé nepokládají starý nábytek za odpad (stejně jako novinový papír).

#### **15) Spalujete papír a lepenku?**

Spaluje 15 (24,19 %) dotázaných, i když uvedli, že odpad nespalují. Jako papír většinou lidé chápou novinový papír, který používají na podpal.

#### **16) Spalujete staré oblečení?**

Zde pozitivně odpověděl pouze jeden respondent, který zároveň uvedl, že odpad nespaluje.

#### **17) Spalujete plasty?**

Zde žádný z dotázaných obyvatel neuvedl, že by spaloval plasty.

### **3. 2. 2. Souhrn výsledků šetření**

Výsledky získané z dotazníků jsou uvedeny pro větší přehlednost v tabulce 5. Z šetření vyplynulo, že u dotázaných obyvatel převládá jako hlavní palivo hnědé uhlí. Dá se předpokládat, že v celé obci bude převažovat hnědé uhlí nad ostatními druhy paliva. Respondenti odebírají převážně uhlí, které je na trhu známo jako Ledvické (podle města Ledvice, kde se nachází úpravna uhlí). Pochází z povrchového dolu Bílina, z Mostecké pánve. Výrobce udává měrnou sirnatost uhlí 0,53 g/MJ (Int. 8). Odpovídá limitům měrné sirnatosti hnědého uhlí a lignitu, které jsou určeny ke spalování v malých stacionárních zdrojích, a její hodnota je 0,95 g.MJ<sup>-1</sup> (vyhláška č. 13/2009). Druhým nejčastějším hlavním palivem je dříví, převážně smrkové.

Většina domů ve Vlastějovicích je postavena před rokem 1980 (Int. 6) a proto lze předpokládat malé procento zabudovaných technologií proti tepelným ztrátám těchto objektů, jak ostatně naznačily i výsledky dotazníkového šetření.

Na druhou stranu vyplynulo, že velký podíl respondentů má ve svých domech instalována novější spalovací zařízení, jejichž účinnost by měla být při správné manipulaci relativně vysoká (přes 70 %).

Je s podivem, že se pouze tři z šedesáti dotázaných přiznali ke spalování odpadu. Buď jsou obyvatelé Vlastějovic tak informovaní a ukáznění, že ho opravdu nespalují, nebo, a to je více pravděpodobné, se k tomu nechtěli nebo obávali přiznat.

I když je převážná část respondentů spokojena s kvalitou ovzduší v zimních měsících, našli se i tací, kteří stav ovzduší nepokládají za příznivý a uspokojivý. Jsou to hlavně obyvatelé, jejichž domy jsou situovány v údolí, blíže k řece, kde se v zimě při zhoršených rozptylových



podmínkách nejvíce kumulují emitované škodliviny. Ačkoli bylo procento nespokojených obyvatel malé (27,4 %), nelze nad tímto problémem zavírat oči. Právě naopak, těchto 27 % respondentů zaznamenává zhoršenou kvalitu ovzduší, a proto je nutné se tímto problémem dále zabývat.

**Tab. 5:** Výsledky dotazníkového šetření.

	Byt v rodinném domě	Byty v bytovém domě
<b>Průměrná velikost vytápěné plochy (m<sup>2</sup>)</b>	<b>107, 87</b>	<b>77, 3</b>
Počet respondentů	50	10
<b>Z toho:</b>		
Používá elektřinu (jako hlavní tepelný zdroj)	5	0
Používá tuhá paliva (jako hlavní tepelný zdroj)	45	10
Je zatepleno	7 domů	1 byt
Má plastová okna	16 domů	2 byty
<b>Zjištěná spotřeba uhlí (q)</b>	<b>1120</b>	<b>320</b>
<b>Zjištěná spotřeba černého uhlí (q)</b>	<b>237, 5</b>	<b>75</b>
<b>Zjištěná spotřeba hnědého uhlí (q)</b>	<b>667, 5</b>	<b>125</b>
<b>Zjištěná spotřeba dřeva (m<sup>3</sup>)</b>	<b>385, 5</b>	<b>35</b>
Průměrná doba vysychání dřeva (roky)	2, 6	1, 8
Průměrné stáří kotle/kamen (roky)	4, 5	5

### 3. 3. Postup výpočtu

Pro výpočet potřeby tepla na jeden byt je nutné znát teplotu topného období v denostupních (gradenech). Počet denostupňů vypovídá o průměrných povětrnostních podmínkách v daném čase a je úměrný potřebě tepla na vytápění (Int. 9). Délka topného období, **d**, je počet dnů se střední denní teplotou nižší než 13 °C. Topné období je podle vyhlášky č. 194/2007 Sb. dlouhé 242 dnů. Dále střední denní teplota vnějšího vzduchu, **t<sub>es</sub>**, a střední denní teplota vnitřního vzduchu v bytě, **t<sub>is</sub>**. Jako **t<sub>is</sub>** byla zvolena hodnota 21 °C.

$$D_{21} = d \cdot (21 - t_{es})$$

Dalším krokem je výpočet potřeby tepla pro vytápění bytů (**Q<sub>a</sub>**). Toto teplo je počítáno zvlášť pro byty v rodinných domech a zvlášť pro byty v bytových a ostatních domech.

$$Q_a = q_m * P * 3,6/1000 * K_D \text{ [GJ]}$$

Člen  $q_m$  je měrná spotřeba tepla  $Q$  na  $m^2$  za rok a udává se v kilowatthodinách (kWh). Hodnota  $q_m$  pro rodinné domy je  $150 \text{ kWh/m}^2/\text{rok}$  a pro bytové a ostatní domy tvoří hodnotu  $130 \text{ kWh/m}^2/\text{rok}$ . Tato veličina charakterizuje tepelné vlastnosti budovy s ohledem na dobu, kdy byly postaveny. Písmeno  $P$  značí celkovou průměrnou plochu bytu v  $m^2$  a  $K_D$  je koeficient přepočtu denostupňů  $D_{21}$  k normovým klimatickým podmínkám (Machálek, Machart, 2007).

$$K_D = D_{21}/4216$$

Z vypočítané potřeby tepla na byt za rok se dál vypočítá průměrná spotřeba paliva na 1 byt podle následujícího vzorce.

$$\text{průměrná spotřeba / byt (t, tis m}^3\text{)} = Q_a \text{ (GJ)} / Q_i \text{ (GJ/t)} / \text{účinnost topeniště}$$

$Q_i$  udává průměrnou výhřevnost paliva. Jeho hodnota se liší jednak pro různé druhy paliv a jednak v rámci jednoho druhu paliva (tab. 6), a to podle odběrové lokality.

**Tab. 6 :** Různé hodnoty výhřevností druhu paliv, lišících se zpracováním a původem (Int. 10).

Druh a typ uhlí	Výhřevnost (MJ/kg)
HU* prachové – Most	11, 72
HU tříděné – Most	17, 18
HU prachové – Sokolov	10, 49
HU tříděné – Sokolov	14, 17
ČU** prachové – Ostrava	22, 78
ČU energetické – Ostrava	29, 21
ČU prachové – Kladno	15, 57
ČU energetické - Kladno	22, 61

\*HU – hnědé uhlí; \*\*ČU – černé uhlí

Z průměrné spotřeby paliva na jeden byt za rok se zjistí roční spotřeba paliv v celé obci vynásobením počtu bytů vytápěných daným typem paliva a průměrné spotřeby paliva na byt. Při počítání emisí uvolňovaných z uhlí, se ještě navíc musí násobit podílem druhu uhlí (černé nebo hnědé) v obci. To znamená, že se celkový počet domů, kde se topí například černým uhlím, vydělí celkovým počtem domů, kde se topí uhlím jako takovým (černým i hnědým).

Z celkové spotřeby paliva v obci se dále stanoví množství vypouštěných látek pomocí emisních faktorů **Ef**. Emisní faktor udává množství polutantu, který je uvolňován do atmosféry

ze zdroje činnosti (Braniš, Hůnová, 2009) a jeho hodnoty pro různá paliva jsou uvedeny ve vyhlášce č. 205/2009 Sb. Z této vyhlášky jsem převzala také následující vztah, podle kterého se množství vypouštěných látek,  $E_z$ , počítá.

$$E_z = E_f * M$$

$M$  je množství jednotek, na které je emisní faktor vztažen (hmotnost spáleného paliva).

### 3. 4. Vlastní výpočet ročních emisí v obci

Výpočet ročních emisí v obci se bude soustřeďovat na nejčastější látky, se kterými se u spalovacích procesů můžeme setkat. Jedná se o tuhé znečišťující látky (TZL), oxid siřičitý ( $SO_2$ ), sumu oxidů dusíku ( $NO_x$ ), oxid uhelnatý (CO), těkavé organické látky (VOC) a oxid uhličitý ( $CO_2$ ).

Určitý problém vyvstal, při výpočtu počtu denostupňů. Jak bylo naznačeno výše, topné období stanovené vyhláškou, je platné pro bytové domy s centrálním vytápěním. V případě Vlastějovic, kde jsou hlavně rodinné domy, na které se vyhláška nevztahuje, by bylo stanovení délky topného období problematické, také vzhledem k nepredikovatelné činnosti spalovacích zařízení, která závisí na majitelích. Po konzultaci s odborníkem na problematiku emisní bilance malých sídel (Mgr. M. Modlíkem), bude vzata hodnota  $D_{21}$  rovnající se 3780, aniž by se zjišťovala  $t_{es}$  Vlastějovic. Tato hodnota ( $D_{21} = 3780$ ) byla odečtena z regresní přímky, pro průměrnou nadmořskou výšku Vlastějovic 400 m n. m. Zmíněná regresní přímka je sestavována na základě znalostí o středních denních teplotách vnějšího vzduchu a nadmořských výškách všech meteorologických stanic ČHMÚ.

Následující výpočet bude rozdělen do dvou částí, zvlášť pro rodinné a bytové domy. Pro oba výpočty budu používat účinnosti topných zařízení a emisní faktory, které jsem převzala z publikace Machálka a Macharta (2007) a jejich hodnoty jsou uvedeny v tabulce 7. Použité parametry paliv, jako je výhřevnost, obsah síry a popela (tab. 8) byly získány přímo z pracoviště ČHMÚ, kde se tyto hodnoty také používají. Výpočet bude zahrnovat pouze hnědé uhlí, černé uhlí a palivové dříví, protože jiné druhy paliv nebyly při dotazníkovém šetření v obci zjištěny. Z toho důvodu, že hodnoty získané z dotazníkového šetření (zde hlavně plocha bytu) mohou být a s největší pravděpodobností také jsou zkreslené, budu počítat také s hodnotami, které jsem získala z ČSÚ a které by měly být přesnější.

**Tab. 7:** Emisní faktory a účinnosti spalovacích zařízení (Machálek, Machart, 2007).

	TE	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	VOC	CO <sub>2</sub>	Účinnost kotle
Hnědé uhlí	1,0*Ap	19,0*Sp	3,0	45,0	8,9	1450	0,748
Černé uhlí	1,0*Ap	19,0	1,5	45,0	8,9	2500	0,779
Dřevo	5,2	1, 0	3,0	1, 0	0,89	1000	0,731

**Tab. 8:** Parametry jednotlivých paliv pro Středočeský kraj (podle údajů získaných od Mgr. M. Modlíka, ČHMÚ – oddělení emisí a zdrojů).

Druh paliva	Výhřevnost Q (MJ/kg)	Ap*	Sp**
Černé uhlí tříděné	30, 18	6, 20	0, 55
Hnědé uhlí tříděné	17, 38	6, 77	0, 72
Dříví	14, 60	1, 0	1, 0
Zemní plyn	34, 06	1, 0	0, 0002

\*Obsah popela v původním vzorku tuhých paliv (% hmotnostní)

\*\* Obsah síry v původním vzorku tuhých paliv (% hmotnostní)

### 3. 4. 1. Rodinné domy

V následující tabulce jsou uvedena data, která jsou používána pro výpočet ročních emisí pro byty v rodinných domech. Údaje získané z jiných zdrojů než z dotazníkového šetření jsou označeny.

**Tab. 9:** Souhrn údajů použitých pro výpočet spotřeby paliv pro všechny rodinné domy v obci.

Průměrná vytápěná plocha (m <sup>2</sup> )	108,9625
q <sub>m</sub> -měrná spotřeba tepla kWh/m <sup>2</sup> /rok	150
D <sub>21</sub>	3780*
Počet bytů v rodinných domech topících uhlím (dru nespecifikován)	103**
Počet bytů v rodinných domech topících dřívím	40**
Podíl hnědého uhlí v obci	71, 65% = 0,7165
Podíl černého uhlí v obci	26, 24 % = 0, 2624

\*data z ČHMÚ; \*\*data z ČSÚ (Int. 11)

Potřeba energie na byt v rodinném domě:

$$Q_a = 150 * 108,9625 * 3,6/1000 * 3780/4216 = \mathbf{52, 75 \text{ GJ}}$$

### **Hnědé uhlí**

Spotřeba hnědého uhlí na 1 byt/rok =  $52,75/17,38/0,748 = 4,05 \text{ t}$

Spotřeba hnědého uhlí v obci/rok =  $4,05 * 103 * 0,7165 = 298,89 \text{ t}$

Následuje výpočet ročních emisí z 298,89 tun hnědého uhlí.

**TZL:**  $298,8879 * 1,0 * 6,77 = 2023,471 \text{ kg}$

**SO<sub>2</sub>:**  $298,8879 * 19,0 * 0,72 = 4088,786 \text{ kg}$

**NO<sub>x</sub>:**  $298,8879 * 3,0 = 896,663 \text{ kg}$

**CO:**  $298,8879 * 45,0 = 13449,955 \text{ kg}$

**VOC:**  $298,8879 * 8,9 = 2660,102 \text{ kg}$

**CO<sub>2</sub>:**  $298,8879 * 1450 = 433387,455 \text{ kg}$

### **Černé uhlí**

Spotřeba černého uhlí na 1 byt/rok =  $52,75/30,18/0,779 = 2,19 \text{ t}$

Spotřeba černého uhlí v obci/rok =  $2,19 * 103 * 0,2624 = 59,46 \text{ t}$

Roční emise z 59,46 tun černého uhlí:

**TZL:**  $59,46 * 1,0 * 6,20 = 368,652 \text{ kg}$

**SO<sub>2</sub>:**  $59,46 * 19,0 = 1129,740 \text{ kg}$

**NO<sub>x</sub>:**  $59,46 * 1,5 = 89,190 \text{ kg}$

**CO:**  $59,46 * 45,0 = 2675,700 \text{ kg}$

**VOC:**  $59,46 * 8,9 = 529,194 \text{ kg}$

**CO<sub>2</sub>:**  $59,46 * 2500 = 148650,000 \text{ kg}$

### **Dříví**

Spotřeba palivového dřeva na 1 byt/rok =  $52,75/14,60/0,731 = 4,9425 \text{ m}^3$

Spotřeba palivového dřeva v obci/rok =  $4,9425 * 40 = 197,703 \text{ t m}^3$

Roční emise z 197,703 m<sup>3</sup> dřeva:

**TZL:**  $197,703 * 5,2 = 1028,056 \text{ kg}$

**SO<sub>2</sub>:**  $197,703 * 1,0 = 197,703 \text{ kg}$

**NO<sub>x</sub>:**  $197,703 * 3,0 = 593,109 \text{ kg}$

**CO:**  $197,703 * 1,0 = 197,703 \text{ kg}$

**VOC:**  $197,703 * 0,89 = 175,956 \text{ kg}$

**CO<sub>2</sub>:**  $197,703 * 1000 = 197\,703 \text{ kg}$

### 3. 4. 2. Bytové domy

Podobně jako u výpočtu emisí z bytů v rodinných domech, i zde jsou potřebné údaje shrnuty do následující tabulky.

**Tab. 10:** Souhrn údajů použitých pro výpočet spotřeby paliv pro všechny bytové domy v obci.

Průměrná vytápěná plocha (m <sup>2</sup> )	77,3
q <sub>m</sub> -měrná spotřeba tepla kWh/m <sup>2</sup> /rok	130
D <sub>21</sub>	3780*
Počet bytů v bytových domech topících uhlím (druhy nespecifikován)	19**
Počet bytů v bytových domech topících dřívím	6**
Podíl hnědého uhlí v obci	71, 65% = 0,7165
Podíl černého uhlí v obci	26, 24 % = 0, 2624

\*data z ČHMÚ; \*\* data z ČSÚ (Int. 11)

Potřeba energie na byt v bytovém domě:

$$Q_a = 130 * 77,3 * 3,6/1000 * 3780/4216 = \mathbf{32,43 \text{ GJ}}$$

Následující výpočet spotřeby paliv (hnědé uhlí, černé uhlí a palivové dříví) na byt a na všechny byty v bytových domech nacházejících se v obci je podobný jako u rodinných domů. Liší se pouze hodnotou měrné spotřeby tepla a počtem bytů topících jednotlivými druhy paliva.

#### Hnědé uhlí

$$\text{Spotřeba hnědého uhlí na 1 byt/rok} = 32,43/17,38/0,748 = \mathbf{2,4857 \text{ t}}$$

$$\text{Spotřeba hnědého uhlí v obci/rok} = 2,4857 * 19 * 0,7165 = \mathbf{33,839 \text{ t}}$$

Roční emise z 33,839 tun hnědého uhlí:

$$\mathbf{TZL: 33,839 * 1,0 * 6,77 = 229,090 \text{ kg}}$$

$$\mathbf{SO_2: 33,839 * 19,0 * 0,72 = 462,917 \text{ kg}}$$

$$\mathbf{NO_x: 33,839 * 3,0 = 101,517 \text{ kg}}$$

$$\mathbf{CO: 33,839 * 45,0 = 1522,755 \text{ kg}}$$

$$\mathbf{VOC: 33,839 * 8,9 = 301, 167 \text{ kg}}$$

$$\mathbf{CO_2: 33,839 * 1450 = 49066,550 \text{ kg}}$$

#### Černé uhlí

$$\text{Spotřeba černého uhlí na 1 byt/rok} = 32,43/30,18/0,779 = \mathbf{1,379 \text{ t}}$$

Spotřeba černého uhlí v obci/rok =  $1,379 * 19 * 0,2624 = 6,875 \text{ t}$

Roční emise z 6,875 tun černého uhlí:

**TZL:**  $6,875 * 1,0 * 6,2 = 42,625 \text{ kg}$

**SO<sub>2</sub>:**  $6,875 * 19,0 = 130,625 \text{ kg}$

**NO<sub>x</sub>:**  $6,875 * 1,5 = 10,3125 \text{ kg}$

**CO:**  $6,875 * 45,0 = 309,375 \text{ kg}$

**VOC:**  $6,875 * 8,9 = 61,188 \text{ kg}$

**CO<sub>2</sub>:**  $6,875 * 2500 = 17187,500 \text{ kg}$

#### **Dříví**

Spotřeba dříví na 1 byt/rok =  $32,43/14,60/0,731 = 3,039 \text{ m}^3$

Spotřeba dříví v obci/rok =  $3,039 * 6 = 18,232 \text{ m}^3$

Roční emise z  $18,232 \text{ m}^3$  dříví:

**TZL:**  $18,232 * 5,2 = 94,806 \text{ kg}$

**SO<sub>2</sub>:**  $18,232 * 1,0 = 18,232 \text{ kg}$

**NO<sub>x</sub>:**  $18,232 * 3,0 = 54,696 \text{ kg}$

**CO:**  $18,232 * 1,0 = 18,232 \text{ kg}$

**VOC:**  $18,232 * 0,89 = 16,226 \text{ kg}$

**CO<sub>2</sub>:**  $18,232 * 1000 = 18232 \text{ kg}$

#### **4. Celkové roční emise Vlastějovic**

Sečtením všech výše uvedených emisí jednotlivých znečišťujících látek, se získají roční emise, které jsou uvolňované z místních topenišť (tab. 11).

**Tab. 11:** Celkové roční emise ve Vlastějovicích.

TZL	3 786,700 kg
SO <sub>2</sub>	6 028, 003 kg
NO <sub>x</sub>	1 745,488 kg
CO	18 173,720 kg
VOC	3 743,833 kg
CO <sub>2</sub>	864 226,505 kg

Při použití hodnot získaných z ČSÚ (Int. 6) a při stejném postupu vyšly celkové emise, jejichž přehled je v následující tabulce (tab. 12). Výpočet se lišil v ploše bytu - v rodinném domě

má byt průměrnou plochu 92,15 m<sup>2</sup>, byt v bytovém domě 65,71 m<sup>2</sup>. Další odlišnost spočívala v podílu černého (5,48 %) a hnědého uhlí (93,26 %).

**Tab. 12:** Celkové roční emise ve Vlastějovicích za použití dat získaných z ČSÚ.

TZL	3 510,216 kg
SO <sub>2</sub>	5 433,239 kg
NO <sub>x</sub>	1 667,706 kg
CO	17 245,365 kg
VOC	3 537,215 kg
CO <sub>2</sub>	755 028,500 kg

Po srovnání předcházejících dvou tabulek je vidět, že se od sebe vyprodukovaná množství jednotlivých škodlivin relativně hodně liší. Největší rozdíl je v produkci oxidu uhelnatého (rozdíl = 928,35 kg). Je zde vidět, do jaké míry závisí na přesnosti použitých údajů, kdy s každou odchylkou se hodnota celkových emisí mění. Kvůli tomu, že informace z dotazníkových šetření nebývají reprezentativní, lze předpokládat, že výsledky z druhé uvedené tabulky budou přesnější.

Velmi zajímavým se ukázalo porovnání ročních emisí z celého kutnohorského okresu s mými výsledky (obr. 2, v příloze). Vypočtené roční emise znečišťujících látek z Vlastějovic se podílí na celkových ročních emisích okresu pouhým jedním procentem. Přesněji, pro tuhé emise je tento podíl 1,45 %, dále pro oxid siřičitý 1,18 %, oxidy dusíku 1,26 %, oxid uhelnatý 1,18 % a pro těkavé organické látky 1,21 %.

## 5. Diskuse

Případné porovnání výsledků ročních emisí ve Vlastějovicích s určitými limitními hodnotami není možné, protože žádné takové stále neexistují. Jsou stanoveny pouze emisní limity pro oxid uhelnatý, jehož maximální povolené množství nesmí přesáhnout 5000 mg/m<sup>3</sup> (vyhláška č. 146/2007 Sb.). Toto maximální množství se počítá na základě naměřených koncentrací u výstupu spalin (u komína). To je ovšem ztíženo výše zmíněnou nedotknutelností obydlí a podmíněno souhlasem majitele domu. Výsledky se dají tedy porovnávat pouze s hodnotami, které určili a vypočítali jiní autoři zabývající se také touto problematikou. Jsou jimi Petr Dvorščík (2009) a Daniel Pícha (2005).



Bakalářská práce Petra Dvorščíka se týkala znečištění ovzduší v malé obci Lobeč na Mělnicku. Jeho výpočty se ovšem zaměřily na jeden modelový byt v rodinném domě a nikoli na celou obec. Pro porovnání těchto hodnot s hodnotami vypočtenými v této práci je nutné vzít roční emise pro jeden byt v rodinném domě ve Vlastějovicích.

**Tab. 13:** Porovnání ročních emisí pro 1 byt v rodinném domě ve Vlastějovicích s ročními emisemi pro 1 modelový byt v rodinném domě (hodnoty pro modelový byt pochází z bakalářské práce P. Dvorščíka).

	Hnědé uhlí		Černé uhlí		Dříví	
	Vlastějovice	Modelový byt	Vlastějovice	Modelový byt	Vlastějovice	Modelový byt
TE (kg/rok)	27,4185	<b>31,2</b>	<b>13,578</b>	11,7	<b>25,701</b>	21,3
SO <sub>2</sub> (kg/rok)	55,404	<b>104,5</b>	<b>41,61</b>	23,9	<b>4,9425</b>	4,1
NO <sub>x</sub> (kg/rok)	<b>12,15</b>	5,2	3,285	<b>3,6</b>	<b>14,8275</b>	2,87
CO (kg/rok)	<b>182,25</b>	117	<b>98,55</b>	81	<b>4,9425</b>	4,1
VOC (kg/rok)	<b>36,045</b>	23,1	<b>19,491</b>	16	<b>4,3988</b>	3,65
CO <sub>2</sub> (kg/rok)	5 872,5	-	5 475,00	-	4 942,5	-

Poznámka: tučně jsou zvýrazněny vyšší hodnoty.

Z tabulky je patrné, že roční emise z jednoho bytu jsou, oproti modelovému bytu, vyšší ve Vlastějovicích. Výjimku tvoří tuhé emise a oxid siřičitý u hnědého uhlí a oxidy dusíku u černého uhlí. Největší rozdíly jsou v hodnotách pro hnědé uhlí, zvláště pak pro oxid siřičitý. Mohlo by to být způsobeno odlišnými parametry paliva, zejména vyšším obsahem síry.

Druhá práce, která se také zabývá touto problematikou, je diplomová práce Daniela Píchy. Ten podobně jako Dvorščík nepočítá roční emise pro jednu konkrétní obec, ale pro jeden modelový byt. Pro stanovení ročních emisí používal jiné emisní faktory než ty, které jsou uvedeny v metodice Machálka a Macharta (2001). Nicméně porovnával s touto metodikou své výsledky a došel k závěru, že je silně podhodnocena (tab. 14). Také stanovené hodnoty měrné spotřeby tepla pro rodinné i bytové domy jsou již dnes podle něj překonány, a platí pro domy, které byly postaveny zhruba před šedesáti lety. Dnes by jejich hodnoty byly o něco nižší (vzhledem k nižším energetickým ztrátám).

**Tab. 14:** Porovnání hodnot ročních emisí získaných různými metodikami s rozdílnými emisními faktory pro 1 modelový byt (Pícha, 2005)

	Pícha (2005)	Machálek, Machart (2001)
PM <sub>10</sub> (kg/byt)	55,33	42,96

SO <sub>2</sub> (kg/byt)	121,44	48,75
NO <sub>2</sub> (kg/byt)	25,21	14,23
CO (kg/byt)	650,42	152,51

## 6. Závěr

Tato práce se snažila odpovědět na otázku, zda jsou hlavním zdrojem znečištění v obci lokální topeniště. S určitostí se dá říci, že místní spalovací zařízení jsou významnými zdroji škodlivin v obci a sami obyvatelé tuto situaci vnímají.

Výše uvedené výpočty reprezentují pouze hrubý odhad celkových ročních emisí. Je důležité zdůraznit, že dotazníkové šetření jako zdroj informací nemusí mít a také většinou nemívá dobrou vypovídací hodnotu. Pravdivost odpovědí se totiž nedá bez přímé kontroly v domácnostech ověřit (Kotlík, 2009). Tudíž výsledky výpočtů mohou být nepřesné.

Po porovnání s výsledky Petra Dvorščíka je ale zřejmé, že celkové roční emise z malých stacionárních zdrojů ve Vlastějovicích jsou o něco vyšší. To může vypovídat o tom, že lokální topeniště jsou skutečně významným problémem znečištění ovzduší v obci.

Pro věrohodnější zjištění situace se znečištěním ovzduší ve Vlastějovicích by ovšem bylo třeba přímo měřit imise v dlouhodobějším časovém intervalu. Pak by se dalo s větší určitostí říci, do jaké míry se lokální topeniště skutečně podílejí na lokálním znečištění ovzduší.

## 7. Seznam literatury

- Andělová L., Braniš M. (2009): Sledování koncentrace aerosolu ( $PM_{10}$  a „black smoke“) v malé obci na Liberecku – vliv lokálního topení na kvalitu ovzduší. *Ochrana ovzduší*, 21, 2: 10 – 14 p.
- Braniš M. (2009): Air quality of Prague: traffic as a main pollution source. *Environmental monitoring and assessment*, 156, 4: 377 – 390 p.
- Braniš M., Domasová M., Řezáčová P. (2007): Particulate air pollution in a small settlement: The effect of local rating. *Applied geochemistry*, 22, 6: 1255 – 1264 p.
- Braniš M., Hůnová I. eds. (2009): *Atmosféra a klima aktuální otázky ochrany ovzduší*. Karolinum, Praha.
- Dvorščík P. (2009): Znečištění ovzduší v malých sídlech se zaměřením na konkrétní situaci v obci Lobeč na Mělnicku. *Bakalářská práce*. PřF UK, Praha.
- Holmberg H., Ahtila P. (2004): Comparison of drying cost in biocel drying between multi – stage and single – stage drying. *Biomass & Bioenergy*, 26, 6: 515 – 530 p.
- Kazmarová H. (2000): *Vývoj znečištění ovzduší v ČR, Zdroje a prostředí*. Státní zdravotní ústav, Praha.
- Kotlík B. (2009): Reprezentativní určení zátěže z venkovního ovzduší u lokalit nepokrytých stacionární sítí. *Ochrana ovzduší*, 21, 3: 4 – 8 p.
- Kotlík B., Kazmarová H., Kvasničková S., Keder J. (2005): Kvalita ovzduší na českých vesnicích – stav v roce 2003 (malá sídla). *Ochrana ovzduší*, 17, 1: 26 – 28 p.
- Kotlík B., Kazmarová H., Morávek J., Keder J. (2006): Kvalita ovzduší na českých vesnicích – příčiny a zamyšlení nad možnými způsoby nápravy. *Ochrana ovzduší*, 19, 4: 5 – 8 p.
- Lodovici M., Akpan V., Casalini Ch., Zappa C., Dolara P. (1997): Polycyclic aromatic hydrocarbons in *Laurus nobilis* leaves as a measure of air pollution in urban and rural sites of Tuscany. *Chemosphere*, 36, 8: 1703 – 1712 p.
- Machálek P., Machart J. (2003): *Emisní bilance vytápění bytů malými zdroji od roku 2001*. ČHMÚ, Milevsko.
- Machart J., Machálek P. (2006): Analýza změn ve způsobu vytápění domácností v topném období 2005/2006. *Ochrana ovzduší*, 19, 6: 3 – 6 p.
- Machálek P., Machart J. (2007): *Upravená emisní bilance vytápění bytů malými zdroji od roku 2006*. ČHMÚ, Milevsko.

- Monn Ch., Braendli O., Schaeppli G., Schindler Ch., Ackermann – Liebich U., Leuenberger Ph. (1995): Particulate matter < 10  $\mu\text{m}$  (PM<sub>10</sub>) and total suspended particulates (TSP) in urban, rural and alpine air in Switzerland. *Atmospheric environment*, 29, 19: 2565 – 2573 p.
- Noskovič P., Koloničný J., Ochodek T. (2004): Malé zdroje znečišťování. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Ostrava.
- Ochodek T., Horák J. (1998): Měrné emise škodlivin ze zdrojů malých výkonů. *Acta Montanistica Slovaca*, 3, 3: 273 – 279 p.
- Pícha D. (2005): Výpočet emisních ukazatelů při lokálním vytápění tuhými palivy a při centrálním vytápění tuhými biopalivy. Diplomová práce. PřF UK, Praha.
- Ritz M., Jurečka P., Klika Z., Chalupa V., Mohyla D., Štefanidesová V. (2005): Produkty spalování tuhých paliv v malých domácích topeništích, I. spalování hnědého uhlí. Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, 51, 1: 55 – 68 p.
- Stehlík J. (2007): Emisní faktory jako vstupní parametry bilancí emisí NO<sub>x</sub> v České republice a evropské unii. *Ochrana ovzduší*, 20, 4: 17 – 24 p.
- Svoboda K., Martinec J., Pohořelý M., Baxter D. (2009): Integration of biomass drying with combustion/gasification technologies and minimization of emissions of organic compounds. *Chemical papers*, 63, 1: 15 – 25 p.

### **Elektronické internetové zdroje**

- Int.1: [http://www.czso.cz/csu/2003edicniplan.nsf/o/4120-03-casova\\_rada\\_1961\\_2001-3\\_\\_velikostni\\_struktura\\_obci\\_](http://www.czso.cz/csu/2003edicniplan.nsf/o/4120-03-casova_rada_1961_2001-3__velikostni_struktura_obci_) (22. 4. 2010)
- Int. 2: [http://czso.cz/csu/dyngrafy.nsf/graf/cr\\_od\\_roku\\_1989\\_emise\\_rezzo\\_1](http://czso.cz/csu/dyngrafy.nsf/graf/cr_od_roku_1989_emise_rezzo_1) (22. 4. 2010)
- Int 3: <http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/odbor/reforma/perlin.pdf> (24. 4. 2010)
- Int. 4: <http://www.mpo-efekt.cz/dokument/2186.pdf> (3. 5. 2010)
- Int. 5: [http://zeus.cenia.cz/cms/\\$pid/PZPRJFR1DJF0](http://zeus.cenia.cz/cms/$pid/PZPRJFR1DJF0) (3. 5. 2010)
- Int. 6: <http://www.czso.cz/sldb/sldb2001.nsf/obce/534561?OpenDocument> (5. 3. 2010)
- Int. 7: <http://www.chmi.cz/uoco/emise/embil/dotaznik.pdf> (7. 3. 2010)
- Int. 8: [http://www.prodejuhli.cz/pub/file/Katalog\\_SD\\_2009.pdf](http://www.prodejuhli.cz/pub/file/Katalog_SD_2009.pdf) (24. 4. 2010)
- Int. 9: <http://vytapeni.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2592> (24. 4. 2010)
- Int. 10: <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=16&i=11> (24. 4. 2010)
- Int.11: [http://www.czso.cz/xs/redakce.nsf/bce41ad0daa3aad1c1256c6e00499152/d3a1366c5f31e58ec12576d9003c52e9/\\$FILE/4103-02-2105.pdf](http://www.czso.cz/xs/redakce.nsf/bce41ad0daa3aad1c1256c6e00499152/d3a1366c5f31e58ec12576d9003c52e9/$FILE/4103-02-2105.pdf) (10. 3. 2010)
- Int. 12: <http://www.cbks.cz/sbornik05b/Knozova.pdf> (19. 4. 2010)
- Int. 13: [http://www.chmi.cz/uoco/emise/embil/07embil/07r3.html#Stredočeský\\_kraj](http://www.chmi.cz/uoco/emise/embil/07embil/07r3.html#Stredočeský_kraj) (24. 4. 2010)

## **Legislativní zdroje**

Zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší

Ústavní zákon č. 2/1993 Sb., Listina základních práv a svobod

Vyhláška č. 13/2009 Sb., o stanovení požadavků na kvalitu paliv pro stacionární zdroje z hlediska ochrany ovzduší

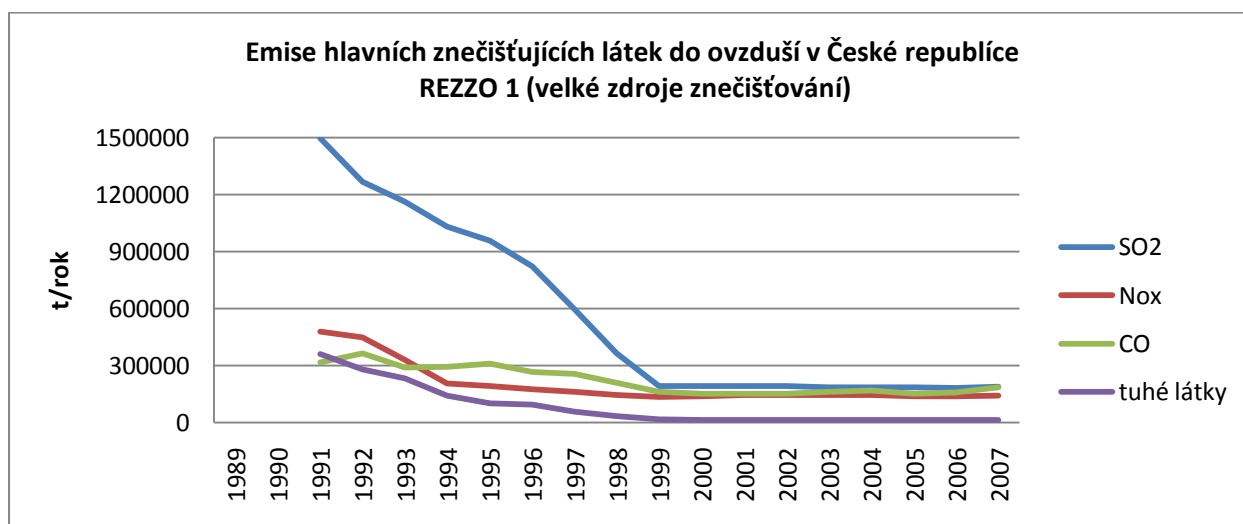
Vyhláška č. 194/2007 Sb., kterou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody, měrné ukazatele spotřeby tepelné energie pro vytápění a pro přípravu teplé vody a požadavky na vybavení vnitřních tepelných zařízení budov přístroji regulujícími dodávku tepelné energie konečným spotřebitelům

Vyhláška č. 146/2007 Sb., o emisních limitech a dalších podmínkách provozování spalovacích stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší

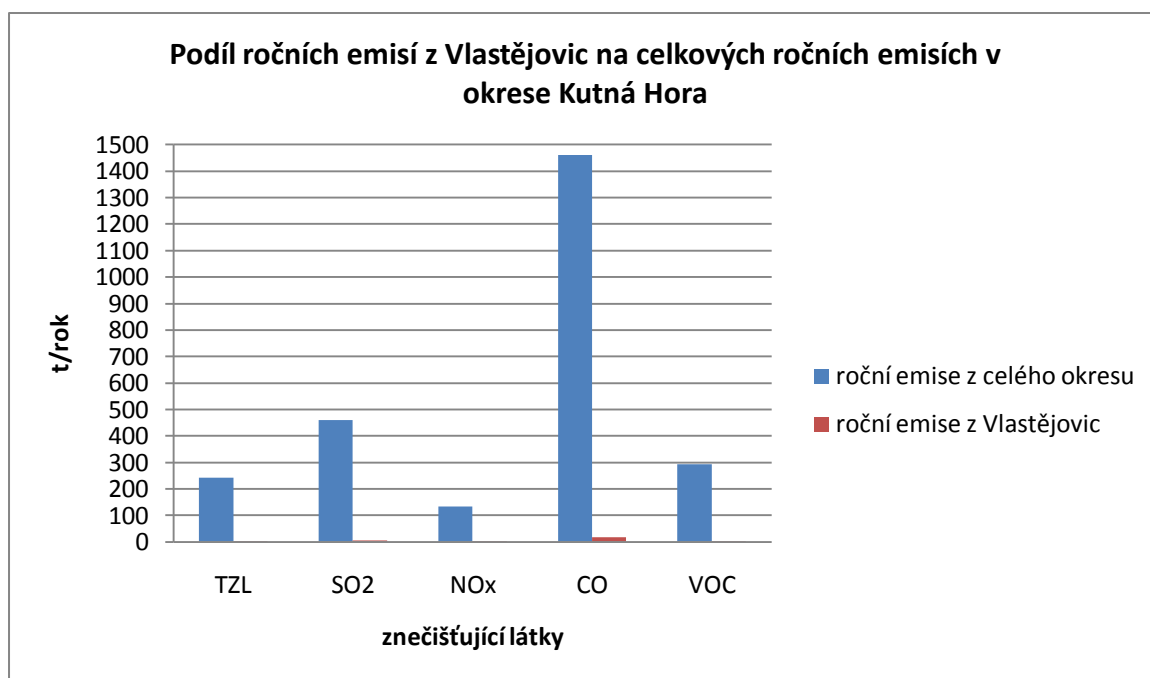
## 8. Přílohy

**Tab. 1:** Podíl obyvatelstva ve velikostních skupinách obcí podle krajů v r. 2001 (Int. 1).

Kraj	Počet obcí	Počet obyvatel	Průměrná velikost obce (počet obyvatel)	Podíl obyvatelstva (%) v obcích s počtem obyvatel			
				do 1999	2000 - 4999	5000 - 9999	10000 a více
Hl.m. Praha	1	1169106	x	-	-	-	100,0
Středočeský kraj	1148	1122473	978	43,0	13,2	8,3	35,5
Jihočeský kraj	623	625267	1004	32,9	14,8	14,5	37,8
Plzeňský kraj	506	550688	1088	32,6	16,4	7,8	43,2
Karlovarský kraj	132	304343	2306	19,8	11,7	12,4	56,1
Ústecký kraj	354	820219	2317	18,6	8,8	7,6	65,1
Liberecký kraj	216	428184	1982	23,7	11,4	15,7	49,2
Královéhradecký kraj	448	550724	1229	30,6	10,9	16,5	42,0
Pardubický kraj	453	508281	1122	37,3	9,5	12,1	41,1
Vysočina	730	519211	711	42,4	9,3	12,1	36,2
Jihomoravský kraj	647	1127718	1743	28,9	14,8	7,9	48,3
Olomoucký kraj	394	639369	1623	34,1	13,2	3,9	48,8
Zlínský kraj	304	595010	1957	29,2	15,1	11,9	43,8
Moravskoslezský kraj	302	1269467	4204	14,8	10,5	8,2	66,5
Česká republika	6258	10230060	1635	26,1	10,9	8,8	54,2



**Obr. 1:** Klesající trend emisí hlavních znečišťujících látek od roku 1989 (Int. 2).



**Obr. 2:** Porovnání ročních emisí v okrese Kutná Hora a ročních emisí v obci (zdrojová data: Int. 13).